Nadenken over Sterrenkunde*)

A.D. Fokker

De gedachte om Uw aandacht te vragen voor een wat ongewoon onderwerp als het onderhavige kwam bij me op bij het lezen van een referaat over het onderwerp "Truth, science and language" dat A.H.Batten hield in 1974 bij zijn aftreden als voorzitter van de Royal Astronomical Society of Canada.[1]) Het leek me toe dat een voorzitter, aan het eind van zijn ambtsperiode gekomen, het zich inderdaad kan permitteren om zich eens buiten de geijkte paden te begeven. Ja zelfs zou hij daarmee zijn "society" of "club" een dienst kunnen bewijzen, indien hiermee in een latente behoefte zou worden voorzien. Batten waagde het, te opperen dat zijn initiatief wellicht een nieuwe traditie zou inluiden, namelijk dat na hem de voorzitters van de Royal Astronomical Society telkens bij hun aftreden een wat algemener onderwerp, wat toch nog binnen de interessesfeer van de Society ligt, zouden bespreken.

Ik zou het leuk vinden als zo'n gewoonte in onze Astronomenclub ingang zou vinden; een zekere benieuwdheid naar wat de aftredend voorzitter op z'n hart heeft zou de neiging om de bijeenkomst bij te wonen kunnen versterken.

Ik heb gekozen voor het onderwerp "Nadenken over sterrenkunde" omdat ik het gevoel heb dat, alhoewel we ons in de Club ingevolge onze doelstelling uitsluitend met Sterrenkunde bezig houden, we over het vak als zodanig zelden tot nadenken komen. Het is in feite hoogst sporadisch dat je een astronoom voor een publiek van vakgenoten en geïnteresseerden afstand ziet nemen van de sterrenkunde om daarover in meer algemene en beschouwende zin te praten. Een enkele keer wil het wel eens gebeuren in een oratie, maar àl te vaak laat een pasbenoemde kroondocent zich de kans ontgaan om door middel van een oratie hardop, voor een gehoor, over zijn vak na te denken.

In het laatst verschenen nummer van Universiteit en Hogeschool (over Doelen en waarden bij het onderzoeksbeleid) merkt A.G.M. van Melsen [2]) op, dat de wetenschappelijke stand van zaken in onze tijd gekenmerkt wordt door een achterstand in bezinning. We hebben de vakwetenschappen in velerlei richting uitgebouwd, schrijft hij, zonder dat de bezinning daarmee gelijke tred gehouden heeft. Ik wil nu dus proberen aan de bezinning over sterrenkunde een kleine bijdrage te leveren, maar hoe zal ik daarmee beginnen?

Even heb ik gespeeld met de gedachte om U te enquêteren, door U te vragen om de gedachten, die U bij het nadenken over sterrenkunde het eerst te binnen schieten, te noteren. Maar deze vormingsachtige benadering zou te veel tijd kosten en daarom wil ik beginnen met Uw nieuwsgierigheid te bevredigen over wat Batten destijds heeft gezegd over "Truth, science and language".

Hij noemt drie criteria op grond waarvan de waarheid, ik zou liever zeggen: de juistheid, van wetenschappelijke (dus ook astronomische) theorieën kunnen worden getoetst:

de overeenstemming met de werkelijkheid;
de eenvoud;
de algemeenheid.
Vervolgens voert hij een vurig pleidooi om de resultaten van onderzoek op een zo helder en een zo fraai mogelijke wijze mee te delen. Hij zegt:"Veel wetenschappelijke artikelen van tegenwoordig zijn moeilijk te begrijpen, saai om te lezen en daarom is dat slechte wetenschappelijke literatuur". Als een oorzaak van dit gebrek aan communicatieve kwaliteit noemt hij de maatschappelijke noodzaak om veel te publiceren, waardoor de onderzoekers gehaast hun artikelen schrijven. Ook al is hun onderzoek "exciting", dus belangwekkend en wetenswaardig, veel auteurs slagen erin om de lectuur van hun artikelen tot een vervelende aangelegenheid te maken. Samenvattend zegt hij:
"Badly written science is bad science and will eventually destroy the whole scientific enterprise".

Ik denk dat niemand zal ontkennen dat in deze verzuchting een kern van waarheid schuilt, al wordt het euvel enigszins tegengegaan door de voorschriften die de bona fide tijdschriften aan hun auteurs geven en door het systeem van "referees". Ik zou echter aanvullend hieraan willen toevoegen dat Batten's klacht minstens zo zeer slaat op het gesproken woord. Of het bedrijven van wetenschap zin heeft, hangt voor een belangrijk deel ervan af, hoe we de resultaten daarvan aan elkaar doorvertellen. Als dat op een saaie en vervelende manier gebeurt, dan kun je die kennisoverdracht bijna even goed achterwege laten.

Voor wetenschappelijke congressen tracht men de kwaliteit van de mondelinge kennisoverdracht te verbeteren door meer en meer overzichtsvoordrachten te doen houden door gerenommeerde sprekers. Maar ik herinner me een "invited lecture" op een recent IAU congres die zó vol gestopt was met in uiterst rap frans voorgeschotelde informatie, dat de geachte spreker zijn doel volledig voorbijschoot!

Tussen twee haakjes: sprekers voor de N.A.C. krijgen van het bestuur vooraf een vriendelijke hint om zich met hun voordracht vooral op hun gehoor in te stellen.

Dat een artikel in moeilijke stijl geschreven is, is evenwel nog geen reden om zo'n artikel als waardeloos terzijde te schuiven. Ik geef U hiervan een voorbeeld.

In een conferentie over het onderwijs in en de geschiedenis van de moderne astronomie hield Oort in 1971 een voordracht over de groei van ons inzicht in de structuur van het melkwegstelsel tussen 1920 en 1940 [3]). In de nabespreking werd hem gevraagd welke betekenis de moeilijk geschreven ("obscure") artikelen van Lindblad over de kinematica van het melkwegstelsel destijds voor hem hadden. Het antwoord was:

"I didn't recognize at once the significance of B.Lindblad's investigation, which was written in an obscure way. I must confess that I did miss the point of his papers until Prof.de Sitter urged me to read them".
Dit voorbeeld illustreert tevens het belang van het hebben van intuïtie, of simpelweg van een fijne neus, voor het mogelijk belang van een bepaalde publikatie, al is die obscuur geschreven.
Het is overigens geen wonder, als de eerste artikelen over een nieuw terrein van onderzoek niet altijd even helder zijn. Bijvoorbeeld waren de eerste stukken van Hanbury Brown en Twiss over de methode van de intensiteitsinterferometrie lang niet zo inzichtelijk als latere presentaties van de daaraan ten grondslag liggende theorie.

In dit geval had de Sitter, met zijn zuivere intuïtie, een stimulerende invloed op het op gang komen van vruchtbaar onderzoek.

Nu geef ik een voorbeeld van het omgekeerde:
In een recent artikel in Sky and Telescope over de bepaling van sterdiameters door middel van steroccultaties door de maan vertelt David S.Evans [4]) dat P.A. MacMahon in 1908 suggereerde dat de hoekdiameter van een ster zou kunnen worden bepaald door de meting van het tijdsinterval gedurende hetwelk de lichtsterkte tot nul afneemt. Maar Eddington wees erop dat zo'n meting alleen betrekking zou hebben op het diffractiepatroon en niet op de sterdiameter. Dat was niet onjuist, maar Eddington zag over het hoofd dat de vorm van het diffractiepatroon wel degelijk door de sterdiameter beïnvloed wordt.
Pas in 1939 was het J.D. Williams die zich dit realiseerde. In 1953 presenteerde Evans voor de Royal Astronomical Society resultaten van foto-electrische occultatiemetingen, maar Thomas Gold achtte de methode ongeschikt wegens de vermeende invloed van onrelmatigheden van de maansrand. Dit bezwaar bleek later onterecht, maar het leidde er wel toe dat de occultatiemethode bleef liggen totdat deze vanaf 1968 weer ter hand genomen werd en werkelijk succesvol bleek. Evans hecht hieraan de conclusie dat "if an astronomer is convinced he is right, he shouldn't allow himself to be squelched" (to squelch = de mond snoeren, de kop indrukken).

Dit voorbeeld laat zien hoe een vruchtbare methode wordt opgehouden doordat één of meer gezaghebbende astronomen er weinig in zien. Overigens voltrekken belangrijke ontwikkelingen in de sterrekunde zich veelal buiten planning of advisering om. De radioastronomie deed zijn intrede grotendeels onafhankelijk van de astronomen zelf en talrijk zijn de ontdekkingen die langs puur toevallige weg zijn gedaan. Ik noem slechts de ontdekking van de interstellaire polarisatie van sterlicht, de ontdekking van de radiostraling van Jupiter, de ontdekking van de pulsars. Zelden waren de theoreten de waarnemers vóór in het voorspellen van wat ze zouden kunnen waarnemen, de

meeste ontdekkingen waren "overrompelend". Fraaie voorbeelden van het tegendeel worden geleverd door het concept "neutronenster", gevormd in de dertiger jaren en de voorspelling van de 21cm lijn in 1944.

In de dertiger en veertiger jaren voltrok het astronomisch onderzoek zich overwegend volgens een stelselmatige methodiek, denk bijvoorbeeld aan het melkwegonderzoek of het onderzoek naar steratmosferen. Maar gedurende de laatste kwart eeuw werd de richting van het onderzoek steeds meer gedicteerd door de spectaculaire ontdekkingen die ons, aanvankelijk vooral door het radiovenster, in de schoot geworpen werden.

Het succesvol bezig zijn in de (natuur)wetenschap bestaat uit de verwerving van nieuwe kennis en van nieuw inzicht. Meestal wordt het al gauw duidelijk of een nieuw resultaat aanspraak kan maken op betrouwbaarheid en deugdelijkheid. Het resultaat wordt dan toegevoegd aan het voor iedereen toegankelijke, en bibliothecarissen tot wanhoop brengende, kennisbestand. Opmerkelijke waarnemingsresultaten worden meestal binnen afzienbare tijd bevestigd door onafhankelijke waarnemingen, soms ook worden zij ontzenuwd. In ieder geval krijgt men vrij spoedig een min of meer definitief uitsluitsel. Anders ligt dit bij de uitkomsten van uitvoerige numerieke berekeningen met een computer. Ons worden door verwoede gebruikers van de computer bijvoorbeeld evolutiesporen van sterren in het kleur-helderheidsdiagram voorgetoverd. Zoals die door de computer zelf netjes in een diagram worden uitgezet, is men van nature maar al te graag geneigd te geloven dat ze met de werkelijkheid corresponderen. Maar: alle details en vooronderstellingen van het rekenprogram na te gaan is vrijwel ondoenlijk. Wie garandeert ons dan dat niet toch ergens in het programma een omissie schuilt of dat een klein effect, wat de auteur meende te mogen verwaarlozen, niet toch op een geniepige wijze de gang der gebeurtenissen beïnvloedt? Een te ambitieus rekenprogramma zou wel eens zijn doel voorbij kunnen schieten en zekerheid en begrip voorspiegelen waar die in waarheid nog niet bereikt zijn.
Overigens, hoe stuntelig mag zich zelfs de meest virtuoze programmeur van numerieke berekeningen voelen ten overstaan van een astrofysische werkelijkheid waarin de processen zo vanzelf en zo zonder mankeren in hun werk gaan! Gemeten aan de volmaakte trefzekerheid van de processen der natuur zijn onze pogingen tot numerieke nabootsing haast zielig onbeholpen!

Met de fundamentele vragen naar het hoe van de kennisverwerving en naar de zekerheid van die kennis houden zich de wetenschapsfilosofen bezig. Zelfs wanneer de astronomen vast overtuigd zijn van de zekerheid van een stuk verworven kennis, daar een uitroepteken bij plaatsen, zal een filosoof zich sceptisch blijven opstellen en vraagtekens plaatsen bij voor de astronoom vanzelfsprekende zaken.

Kan de astronoom iets leren van de (wetenschaps)filosoof, en andersom? Ik heb de indruk dat zij beiden erg ver langs elkaar heen leven. De kennistheoreticus vraagt zich bijvoorbeeld af, hoe werkelijk de verschijnselen zijn waarover de astronoom een uitspraak doet. Maar de astronoom vindt dat de filosoof met dat zich-afvragen maar spijkers op laag water zoekt en hij heeft aan zijn kennistheoretische bespiegelingen nauwelijks een boodschap. De astronoom voelt zich in zijn, wat de filosoof "naief realisme" noemt, bijzonder happy en hij voelt geen zweem van twijfel over bijvoorbeeld de realiteit van de expansie van een planetaire nevel.

De filosoof analyseert hoe kennis wordt verworven of hoe theorievorming in zijn werk gaat. Voorbeelden worden door hem bij voorkeur aan de relativiteitstheorie en aan de quantummechanica ontleend. Maar je krijgt de indruk dat de filosoof het contact met de levende wetenschap mist.

Is er dan geen aanleiding voor een astronoom tot filosofische bespiegeling? De onderwerpen waarmee een astronoom zich bezighoudt zijn wonderbaarlijk genoeg om althans tot enige contemplatie te leiden. Maar de meeste astronomen lijken te zeer geïnvolveerd in het ambachtelijke van hun métier dan dat ze zich aan contemplatie wijden; ze zijn weinig reflexief ingesteld. Wel laten sommige astronomen op latere leeftijd hun gedachten nog wel eens gaan over de beoefening van sterrenkunde, zoals bijvoorbeeld O. Heckmann[5]) of E.J. Öpik[6]). Een heel klein stukje reflexie op het eigen vak vinden we in de herprogrammeringsvoorstellen die de vakgroepen, casu quo subfaculteit, Sterrenkunde hebben opgesteld, en wel daar waar de sterrenkunde als wetenschap wordt gedefinieerd. Die definitie is ook in de beroepenmonografie "Astronoom" [7]) overgenomen en luidt:

"Sterrenkunde is de wetenschap die zich richt op het onderzoek van de structuur en de geaardheid van buitenaardse objecten en van de fysische processen die zich afspelen in het heelal. Als zodanig is de sterrenkunde een natuurwetenschap: bij de beschrijving van objecten en bij de verklaring van verschijnselen baseert de sterrenkunde zich op natuurkundige wetten en begrippen. Een belangrijk verschil tussen sterrenkunde en natuurkunde is het feit dat in de sterrenkunde de condities waaronder de verschijnselen zich afspelen niet kunnen worden beïnvloed, terwijl in de natuurkunde het gedrag van materie en straling wordt onderzocht in speciale welomschreven laboratoriumsituaties. Met andere woorden: de sterrenkunde is een observationele wetenschap, de natuurkunde een experimentele".

Sterrenkunde is dus een waarnemende wetenschap. Vooral de bekende wetenschapsfilosoof K.R. Popper heeft zich over het waarnemen als wetenschappelijke activiteit uitgelaten[8]). Hij benadrukt dat reeds in de meest eenvoudige waarneming een aanzet tot theorievorming gegeven is. Aan een bepaald

soort

waarneming ligt reeds een stuk theorie ten grondslag en die theorie-geladen waarneming strijkt als een zoeklicht over de werkelijkheid[9]). Wij verlengen onze zintuigen met zoeklichttheorieën waardoor het waarnemen een ordening aanbrengende en structurerende activiteit wordt. Waarnemen is altijd waarnemen in het licht van een theorie, van een kennis die we al bezitten. Slaat deze opvatting ook op de

Ongetwijfeld is ons waarnemen, vanwege alle apparatuur waarmee de waarneming veelal tot stand komt, een uitermate indirecte aangelegenheid geworden. Dat is wel in het bijzonder het geval met de methode van de apertuursynthese, waarbij het uiteindelijke plaatje tot stand komt via uitvoerige en geraffineerde bewerking in de computer. Inderdaad steekt er een stuk theorie, of althans van kennis, in die bewerking:
De kennis van electromagnetische golven en van de wijze waarop die kunnen interfereren is het uitgangspunt, en verder is de methode gebaseerd op het concept van de complexe zichtbaarheidsfunctie en de wetenschap dat dit een Fourier-getransformeerde is van de eendimensionale helderheidsverdeling. Een ordening van een heleboel electronische en radiotechnische know-how komt er dan nog aan te pas om tenslotte een plaatje te produceren dat het equivalent is van wat we als een reus met een lengte van 500 km en begiftigd met een radiogevoelig oog hadden kunnen aanschouwen.

Al die moeite van het bouwen van een syntheseradiotelescoop had men zich niet getroost als men niet op grond van voorafgaande kennis had geweten dat er bij een groter oplossend vermogen veel interessants zou zijn waar te nemen. Vijftig jaren geleden vroeg niemand zich af of er ook radiostraling van buitenaardse oorsprong zou zijn; men had toen geen aanleiding om grote parabolische spiegels te bouwen.

De stelling van Popper lijkt dus wel te kloppen, met dien verstande dat we natuurlijk geen ordening aanbrengen in de objecten en verschijnselen zelf die we waarnemen. Dat moge opgaan voor de experimentele wetenschappen en de daarin uitgevoerde metingen en waarnemingen, de sterrenkunde grijpt niet in op de processen die worden waargenomen (al moet een uitzondering worden gemaakt voor bijvoorbeeld radar-proeven aan planeten).

Al moge Popper het dan met zijn visie op de aard van de waarneming bij het rechte eind hebben, een openbaring is zijn visie niet, ja het lijkt zelfs een nogal triviale aangelegenheid. Ook zonder filosofische bespiegelingen over de aard van het waarnemen hebben astronomen en technici heus wel een kritische attitude ten aanzien van allerlei mogelijke foutenbronnen in hun waarnemingen. Maar misschien kunnen we van de filosofen leren ons af en toe er over te verbazen dat het langs die lange indirecte weg dan toch

maar lukken wil om waarnemingen te verzamelen die steek houden, die werkelijk betrekking hebben op een realiteit in de kosmos.

Een enkele maal meent een astronoom aan zijn waarnemingen een betekenis te kunnen hechten die later een luchtkasteel blijkt te zijn. Een curieus voorbeeld is de affaire van de zogenaamde stellaire ringen waarop Schmidt-Kahler en Isserstedt in 1968 de aandacht vestigden. Op hemelfoto's onderkenden zij series van sterbeeldjes die nogal opvallend volgens een ring waren gegroepeerd, en zij meenden dat dit geen toeval kon zijn. Een aantal van die ringen werd door hen gecatalogiseerd en ze meenden ze zelfs als "tracers" van de spiraalstructuur te kunnen gebruiken. Maar het toeval is vindingrijk in het ons voorspiegelen van "effecten". In de loop van 1972 werden de ringen als bedriegelijke schijn doorgeprikt.

In de wetenschapsleer wordt ook de kwestie aan de orde gesteld op grond waarvan eigenlijk een wetenschappelijke theorie als een bona-fide en volwassen theorie mag worden beschouwd. Popper stelt de eis dat zo'n theorie zelf het handvat moet bevatten waarmee hij eventueel kan worden weerlegd. Als voorbeeld kan dienen de theorie van het sterinwendige, speciaal dat van de zon. De theorie voorspelt een zekere neutrinoflux. Dus stelt men pogingen in het werk om die neutrino's te detecteren. Als de gemeten flux te laag blijkt, dan mankeert er klaarblijkelijk iets aan de theorie. Een ander voorbeeld: De magneto-ionische theorie van radio golfvoortplanting voorspelt dat de Faraday-draaiing in een magnetoplasma evenredig is met λ^2 . De gemeten positiehoeken van de lineaire polarisatie in de straling van radiobronnen in en buiten het melkwegstelsel bevestigen dit fraai.

Waarin het belang van een theorie schuilt is onder woorden gebracht door bijvoorbeeld Weaver aan het eind van een populair artikel in Mercury[10]) over de dichtheidsgolventheorie van de spiraalstructuur: "The importance of a theory or a model is, that it provides a synthesis of many different phenomena, suggests new insight and relationships and permits predictions of new phenomena which will hopefully be open to observational test." Inderdaad voldoet de dichtheidsgolventheorie zeer fraai aan deze belangrijkheids-criteria. Deze theorie kan gelden als een schoolvoorbeeld. Kort samengevat is de situatie deze.

I. Vraagstelling: (probleem)	Waarom verwazigen de spiraalarmen niet als gevolg van de differentiële galactische rotatie?
II. Antwoord van de theorie:	De spiraalstructuur is een golfverschijnsel: de gravitatieverwerking van een eenmaal aanwezige spiraalstructuur beïnvloedt de kinematica op een zodanige wijze dat de spiraalstructuur in stand blijft.

III. Uit de theorie volgt:

1. Hoe dicht de spiraalarmen gewonden zijn, afhankelijk van de dichtheidsconcentratie naar het centrum.
2. Dat er een op de gemiddelde cirkelsnelheid gesuperponeerd patroon van snelheidsafwijkingen bestaat dat gelieerd is met de spiraalstructuur.
3. Dat een gegeven spiraalarm in zijn rotatie door de materie wordt ingehaald.

IV. De theorie instigeert verder onderzoek.

Verdere theorievorming leert dat er een schokfront ontstaat daar waar het gas de spiraalarm inhaalt. De compressie van het gas leidt tot stervorming. Pas gevormde sterren verplaatsen zich ten opzichte van de spiraalarm en verlaten de stofbanen waarin zij werden gevormd.

V. De theorie laat onverklaard:

1. Hoe voor 't eerst een spiraalstructuur ontstond.
2. De regeneratie van de spiraalstructuur na de relaxatie van een gegeven patroon van dichtheidsgolven.
3. De interarmen, de verbrokkeling e.d.

VI. Wellicht komt ooit een "hogere" theorie in de plaats van de huidige.

Er is een empiristische wetenschapsfilosofische stroming die zegt dat de begrippen, waarvan een wetenschap zich bedient uiteindelijk, via via, te herleiden zijn op de ervaringswereld van onze zintuigen. In zijn boek "Het verschijnsel wetenschap" zegt H. van Koningsveld dit aldus: "De eis van de empiristen is dat de betekenis van alle termen uit de wetenschapstaal uiteindelijk terug moet gaan op die van waarnemingstermen welke een authentieke betekenis bezitten. De waarnemingstermen vormen de constantblijvende betekenisbasis van de steeds groeiende theoretische bovenbouw".

Laten we dit eens illustreren aan het begrip 'pulsar'. Het is aan leken gemakkelijk uit te leggen hoe de notie "pulsar" terug te voeren is op de piekjes die waren opgetekend op het recorderpapier dat destijds door Jocelyn Bell werd geïnspecteerd. Ook bij het zoeken naar nieuwe pulsars moet iemand met z'n eigen ogen kijken naar een registratie of naar een door de computer geplot signaal, om te beoordelen of zich een pulsar bevindt binnen het gebiedje aan de hemel dat door het antennediagram wordt bestreken. Volledigheidshalve moet je nog wel uitleggen hoe de radiostraling wordt opgevangen en versterkt en geregistreerd, maar dat neemt niet weg dat dit type object iets aanschouwelijks heeft, waar het woord 'pulsar' ook al op duidt.

Veel indirecter is het begrip 'neutronenster'. Als je dat wilt terugvoeren op originele zintuigelijke waarnemingen, dan zul je eerst moeten uitleggen wat een neutron is. Je moet dan wat vertellen over de massa's en ladingen

van atoomkernen, in het bijzonder van het alfadeeltje. Je zult de experimenten moeten beschrijven waarmee men de eigenschappen van elementaire deeltjes heeft leren kennen. In het bijzonder aanschouwelijk zijn de opnamen verkregen met een bellenvat. Als je tenslotte op basis van "aanschouwelijke" kernfysische waarnemingsgegevens tot het bestaan van het neutron hebt geconcludeerd, dan moet je vervolgens de theorie van superdichte materie gaan behandelen. Je komt daarbij terecht op de witte dwergen en je vertelt welke concrete, aanschouwelijke waarnemingen het zijn die ons hebben geleerd dat witte dwergen werkelijk voorkomen. Via theoretische beschouwingen kom je tenslotte op het concept neutronenster. De eigenschappen daarvan werden al in 1939 door Oppenheimer en Volkoff theoretisch afgeleid. Het is gemakkelijk in te zien dat zulke objecten heel snel moeten draaien en daarmee is de link met de pulsars gauw gelegd.

Zo zou je voor de diverse begrippen, die wij doorgaans met een zo grote vanzelfsprekendheid hanteren, de vele stappen kunnen noemen van empirische gegevens en stukken theorie via dewelke ze met elementaire "aanschouwelijke" waarnemingen verbonden zijn. Dat aantal stappen, of misschien de logarithme ervan, zou je kunnen opvatten als een maat voor het abstractieniveau van zo'n begrip. Het zou een aardig spel zijn om te trachten onze vaktermen eens volgens abstractieniveau in te delen. Bij mijn weten heeft niemand dat nog geprobeerd.

Zojuist heb ik gezegd dat astronomen er niet veel behoefte aan hebben om bij filosofen in de leer te gaan. Maar er is een bepaalde vraagstelling waar wij moeilijk omheen kunnen en die noodzaakt tot een soort filosofische bezinning. Dat is de vraag of en in welke mate bepaalde probleemvelden en takken van onderzoek interessant zijn. Immers, de ons toegewezen middelen zijn niet toereikend om alles te entameren wat we in principe zouden kunnen en willen doen. Wij moeten prioriteiten stellen, en de vraag is, welke criteria we zullen hanteren. Een heel belangrijk criterium is uiteraard of het te entameren project *interessant* is.
Onze drijfveer is de wetenschappelijke nieuwsgierigheid en die oriënteert zich nu eenmaal aan datgene wat interessant wordt geacht.

Omdat iedereen het hiermee natuurlijk onmiddellijk eens is, wil ik er meteen voor waarschuwen om bij de vaststelling van een onderzoeksbeleid aan de "interessantheid" geen al te overheersend gewicht toe te kennen. Dat leert ons de geschiedenis, wat uit het volgende voorbeeld moge blijken.
In de vorige eeuw en in het begin van deze eeuw stond de hemelmechanica hoog in aanzien. Tot in de kleinste details werd de loop van de planeten met storingsrekening doorgerekend. Dat leek een haast overbodige contrôle van de theorie van Newton, die immers oppermachtig scheen om in principe

alle effecten te verklaren, en er was ook geen enkele reden om aan te nemen dat de $1/r^2$-wet correctie zou behoeven. In zoverre was al dat precisiewerk en al dat gepeuter toen eigenlijk niet erg interessant. Toch bleek later de onverklaarde apsidenlijndraaiing van Mercurius van doorslaggevend belang als test voor de algemene relativiteitstheorie.

Op een dergelijke wijze zou je het minutieuze streven om met gedetailleerde modellen van steratmosferen en met effecten van non-LTE exact rekenschap te geven van met de uiterste precizie waargenomen lijnprofielen overdreven kunnen vinden en feitelijk maar weinig interessant. Men kent immers de fysische processen die daarbij een rol spelen, wat zou men dan verder nog? Het genoemde voorbeeld uit de hemelmechanica is een waarschuwing om niet al te gauw tegen de modelberekenaars te zeggen dat ze maar beter wat anders kunnen gaan doen.

Na deze kleine uitwijding wil ik terugkeren op de kwestie van wat interessant is. Op vergaderingen van de Astronomenclub horen wij graag interessante voordrachten, en meestal is men het er nogal over eens of een voordracht interessant was of niet. Dè manier om een spreker te complimenteren is, te zeggen dat hij zo'n interessante voordracht heeft gehouden. Maar wat is het criterium? Hoe beoordeel je of iets interessant is? Dat "iets" kan verschillend zijn: het kan de ontdekking zijn van een nieuw verschijnsel, het kan een probleemstelling zijn, het kan een concreet stuk onderzoek zijn, het kan een verklaring zijn. Over elk van deze interessantigheden wil ik in één zin iets zeggen:

De ontdekking van een nieuw verschijnsel is interessant, als dat verschijnsel door ons niet werd verwacht of voor mogelijk en/of als het (mede daardoor) een nieuw veld van onderzoek opent.

Een probleem is interessant, als we het gevoel hebben dat er, voor wat we aan dat probleem niet begrijpen, een heel bepaalde reden is, dat de verklaring mogelijk zelfs heel simpel is en dat wellicht de oplossing van dat probleem een doorbraak is voor verder inzicht.

Een onderzoek is interessant, als het de mogelijkheid biedt om na te gaan of het wetenschappelijk denken over een probleemgebied op de goede weg is, en/of indien het zou kunnen leiden tot de beantwoording van een klemmende vraag en/of indien de mogelijkheid er in zit dat nieuwe feiten of effecten aan het licht komen.

Een verklaring is interessant, als ze nieuw licht werpt op (oude) nog (steeds) onopgeloste vragen of problemen en/of indien zo'n verklaring verschillende zaken onder één gezichtspunt brengt.

Dit is maar een greep uit de mogelijke gezichtspunten van waaruit beoordeeld kan worden of iets interessant is. Heel algemeen zou je kunnen zeggen dat een wetenschappelijk punt van aandacht interessant is, als we een vermoeden of een verwachting hebben dat ons kennen door of via dat punt van aandacht aansluiting kan vinden aan de werkelijkheid, dat is: te doorgronden, te begrijpen wat er aan de hand is.
In wezen komt die aansluiting, dat begrijpen, hierop neer, dat men tot het inzicht komt dat een verschijnsel of een effect of een feitelijkheid vanzelfsprekend is, dat het niet anders had kunnen zijn dan het zich ook werkelijk voordoet. We zijn er diep van overtuigd dat de natuur ons niet voor de gek houdt. Een onbegrepen verschijnsel (zoals bijvoorbeeld indertijd het zgn. "nebulium") wekt bij de astronoom een geïntrigeerdheid die vergelijkbaar is met de onrust die iemand overvalt bij het horen van een vreemd geluid in huis, of de rusteloosheid van iemand die loopt te zoeken naar iets wat hij niet kan vinden terwijl hij zeker weet dat het ergens in huis moet zijn.

In de algemene beschouwing bij onze herprogrammering en in de beroepenmonografie Sterrenkunde staat óók te lezen dat de Sterrenkunde een grote invloed heeft gehad op de ontwikkeling van het denken en de bewustwording van de mensheid. Het sterrenkundig wereldbeeld oefent een fascinerende invloed uit, reden voor een uitgever om als boek van de maand "De mens in het heelal" [11]) te doen verschijnen.

Wat heeft het sterrenkundig wereldbeeld ons nu feitelijk te zeggen? Dat wil zeggen: wat vinden wij er van, hoe beoordelen wij het en heeft dit wereldbeeld eigenlijk betekenis voor onze eigen levensoriëntatie? Door te ontdekken en te begrijpen wat zich in de kosmos afspeelt bevredigen we onze nieuwsgierigheid, maar voelen we ons ook bevredigd en genieten we van die bevrediging? In de humanistische psychologie wordt het belangrijk gevonden dat we ons grondig rekenschap geven van onze gevoelens. Welke zijn de gevoelens die een geslaagd stuk onderzoek of het verkrijgen van een nieuw inzicht bij ons opwekt? Primair is dat een gevoel van voldoening, van een individu of van een groep, dat vergelijkbaar is met het neerzetten van een vlag op de top van een hoge Himalaya-berg. Maar veel tijd voor het genieten van het uitzicht van zo'n top is er meestal niet bij. We leven gehaast en nauwelijks is het ene succes bereikt of we sturen al weer op het volgende aan. Een lid van een Engelse Mount-Everest-expeditie zei, dat hij door het contact met die immense bergwereld veranderd was en dat hij in het gewone doen iets zou blijven meedragen van wat hij daar boven, in de confrontatie met die onherbergzame wereld, had ervaren. Ik vraag me af of het met ons ook zo is, of

zou kunnen zijn: een iets verruimd bewustzijn overhouden van de kennismaking en het omgaan met een onvoorstelbaar grootse kosmische realiteit.

Het antwoord op de vraag: wat heeft het sterrenkundig (of fysisch) wereldbeeld ons te zeggen werd in de 18^e en 19^e eeuw gegeven in termen van natuurlijke theologie[12]): de ontdekte wetmatigheden werden opgevat als een bevestiging ervan hoe fraai en volmaakt de Schepping geconcipieerd is. Het sterrenkundig wereldbeeld van nu is nog oneindig veel fascinerender en boeiender dan dat van toen, maar in de huidige theologie gaat men er vrijwel geheel aan voorbij. Is dat soms omdat per slot van rekening het levensgevoel van alledag maar nauwelijks wordt beïnvloed door wat de doorsnee burger weet van de kosmos?

Er heerst klaarblijkelijk een culturele gaping tussen de menselijke leefwereld waarmee de sociale wetenschappen en, op een bepaalde manier, de theologie zich bezighouden èn de onloochenbare kosmische realiteit die de astrofysici onderzoeken en bestuderen. Zullen we ons over die culturele gaping ongerust maken? Ik geloof, niet al te zeer: de cultuur is nu eenmaal uitermate pluriform. Onzerzijds kunnen we proberen de kloof te versmallen door de betekenis van ons vak voor de cultuur uit te dragen.

Wij astronomen zijn inderdaad graag bereid om door middel van populaire voordrachten de sterrenkunde dichter bij het publiek te brengen, en we kunnen ons verheugen in een redelijk grote schare van belangstellenden. Vol élan brengen we ons verhaal en we vertellen vele wetenswaardigheden. Maar wat doorgaans ontbreekt is een evaluatie. We vragen niet hoe dat wetenswaardigs eigenlijk overkomt, wat de mensen er mee doen, of ze er nog verder over nadenken en welke betekenis de informatie over het universum heeft voor hun (en onze!) wereldbeschouwing.
Zo'n evaluatie zou je kunnen uitproberen door, na èen sterrenkundige lezingencyclus, vragen aan het gehoor te stellen. Bijvoorbeeld:

1. Als U het geheel van de sterrenkundige gegevens en inzichten overdenkt, door welke aspecten daarvan bent U dan in het bijzonder geboeid?
2. Heeft de kennis die U van het universum hebt verkregen betekenis voor Uw wereldbeschouwing en voor Uw opvattingen omtrent de zin van het menselijk leven?
3. Is Uw belangstelling voor sterrenkunde vooral gericht op de feitelijke astronomische informatie, of meer op de reflexie omtrent de zin van het kosmische gebeuren en de relatie van de mens tot de kosmos?

Deze vragen heb ik eens voorgelegd aan cursisten van een gevorderden-cursus van de volkssterrenwacht Simon Stevin en uit de antwoorden bleek inderdaad hoe men het sterrenkundig wereldbeeld in zich opneemt.

De gedrevenheid waarmee menig astronoom, of team van astronomen, tracht de geheimen van het heelal te doorgronden kan in veel gevallen psychologisch misschien wel als eerzucht of ambitie worden ontmaskerd. Maar de onmiskenbare competitie, zoals die in het wetenschappelijk bedrijf zijn rol speelt, kun je in meer eigenlijke zin opvatten als een motor, een gangmakend mechanisme in een meer omvattend collectief proces dat we als een fundamenteel-interessant verschijnsel van de eerste orde kunnen opvatten: namelijk dat de mens zó is aangelegd dat hij, als hoogste manifestatie van de ons bekende levensvormen, zijn geest kan laten dwalen in de verste diepten van ruimte en tijd en daarover nota bene uitspraken kan doen die steekhoudend zijn. Wij staan er doorgaans niet bij stil hoe eigenaardig het is dat de kosmos in elkaar zit zoals die in elkaar zit en dat het astronomenras, als pars pro toto van de mensheid, daarvan iets doorgrondt.
Ik heb al tè lang met U nagedacht dan dat ik ook daarvoor Uw aandacht nog zou mogen vragen en wil het dus hierbij laten.

*) Voordracht gehouden voor Ned. Astronomenclub op 6 januari 1978.

1. A.H. Batten, J. Roy. Astr. Soc. Canada 68, 285 (1974).
2. A.G.M. van Melsen, Universiteit en Hogeschool 24, 163 (1977).
3. Education in and History of modern Astronomy, ed. R. Berendzen, (= Annals New York Ac. of Sc. Vol. 198, 1972), p. 265.
4. D.S. Evans, Sky & Telescope, Sept. 1977, p. 164.
5. O. Heckmann, "Sterne, Kosmos, Weltmodelle" (München 1976).
6. E.J. Öpik, "About dogma in science and other recollections of an astronomer", Ann. Rev. Astr. & Astroph. 15, 1 (1977).
7. J. Houtgast, Beroepenmonografie "Astronoom", uitg. Min. v. Soc. Zaken (1978).
8. K.R. Popper, "The logic of scientific discovery".
9. H. van Koningsveld, "Het verschijnsel wetenschap".
10. H. Weaver, Mercury Jan./Feb. 1976, p. 21.
11. Chr. Titulaer, "De mens in het heelal", Elsevier, Amsterdam 1977.
12. R. Hooykaas, "De natuurwetenschap in de 'eeuw der genootschappen'", in NG 200, uitg. Nat. Gezelschap Utrecht (1977).